

# 激光平地乳芽直播节水效果的研究

任文涛<sup>1</sup>, 胡忠飞<sup>2</sup>, 崔红光<sup>1</sup>, 杨成桐<sup>2</sup>, 刘涌<sup>1</sup>, 王玉家<sup>2</sup>, 张占永<sup>1</sup>, 李宝筏<sup>1</sup>

(1. 沈阳农业大学, 沈阳 110161; 2. 沈阳市农机局, 沈阳 110161)

**摘要:** 我国水资源严重短缺, 农业生态环境急剧恶化。农业是我国的用水大户, 约占全国总用水量的 72%; 水稻生产又是农业生产中的用水大户, 在东北地区平均每公顷用水 7 500~ 9 000 m<sup>3</sup>。故此, 研究水稻生产中的节约用水, 保护生态环境和节本增效等问题, 具有重要的经济和社会效益。该文利用自动控制理论, 研究了激光平地机组的结构和工作原理; 通过在辽阳市太子河区景尔屯村进行的 20 hm<sup>2</sup> 激光平地乳芽直播田间试验, 对激光平地的作业效果和泡田过程中的节水、节地效果进行了试验研究, 在测试泡田用水量的过程中, 利用秒表、乒乓球等设备实时地测试了田块的进水口流量, 实践证明此方法成本低, 操作简单, 测试结果准确可靠。结果表明, 激光平地可节约泡田用水 21. 578%, 节约土地 0. 92%; 乳芽直播可节约泡田用水 25. 888%。

**关键词:** 激光平地; 乳芽直播; 节水

中图分类号: S281

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2003)03-0072-04

## 1 引言

水资源短缺、生态环境恶化、农副产品受污染而有害人体健康等问题, 越来越受到世界各国重视。研究水稻生产过程中的节约用水、生产有机稻米以及环境保护等问题对经济发展和生态环境保护意义重大。水稻种植是农业生产中的用水大户, 在东北地区, 每年用水量为 7 500~ 9 000 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。因为严重缺水, 部分地区, 如辽宁的大石桥市等地已经明确提出, 不再种植水稻。这种水田改旱田的过程, 不仅影响经济效益, 也将对当地的生态环境产生不利的影

响。为了深入研究水稻节水种植的技术机理及其相应的机械化技术, 本课题组在辽阳市太子河区, 景尔屯村进行了 20 hm<sup>2</sup> 的激光平地乳芽直播田间试验, 并在沈阳农业大学实验场进行了 0. 1 hm<sup>2</sup> 的纸膜覆盖、乳芽直播、打孔直播等方面的田间试验。研究结果证明, 激光平地不仅具有节约水资源和土地的作用, 而且是水稻纸膜覆盖、乳芽直播种植技术的基础。

## 2 激光平地机组

本试验所用激光平地设备见表 1。

表 1 试验用激光平地设备

Table 1 Laser-controlled land leveling equipment used for experiment

设备名称	型号及规格	生产厂家
发射装置	RL-H3A XA 0242	Topcon (日本拓普康株式会社)
接收装置(手持)	LS-70B XS3843	Topcon (Holder-6)
高级铝合金塔尺	5 m	苏州长青测绘器材有限公司
接收装置(平地铲固定)	LS-B2	Topcon
控制器(驾驶室内)	RD-2	Topcon
铲运设备	高度 1 m, 铲土宽度 1. 5 m	黑龙江北大荒农机集团有限公司制造
拖拉机	TN-654L	天津拖拉机制造厂

## 3 平地效果测试与分析

### 3.1 地表不平度的测试原理

在激光平地的 20 hm<sup>2</sup> 地块上按 10 m × 10 m 的尺寸划分地块网格, 将每个网格的节点作为被测量点。平地前、后各测点的高度坐标, 是利用激光平地机组自带的一个 LS-70B 型手持式激光接收装置来测量的。

### 3.2 地表不平度的测试结果与分析

按照前述试验方案, 对所测地块进行了逐点测试, 部分测试结果如表 2 和 3 所示, 其他地块测试数据略。结果统计值如表 4 所示。

表 4 中所示的是对平均面积为 1. 79 hm<sup>2</sup> 的 4 块地的测试结果。绝对改善度为平地前后地表高度坐标标准偏差的差值, 而相对改善度则是绝对改善度与平地前的标准偏差的比值。测试结果表明, 激光平地前地表高度坐标的标准偏差  $S_{d1}$  的最大值为 6. 65 cm, 最小值为 2. 95 cm, 平均值为 4. 6 cm。激光平地后地表高度坐标的标准偏差  $S_{d2}$  值下降到 1. 1~ 2. 0 cm, 平均值为 1. 6 cm。地表平整状况的绝对改善度为 1. 85~ 5. 25 cm, 平均值为 3. 375 cm。相对改善度为 52. 4%~ 79%, 平均改

收稿日期: 2002-08-17 修订日期: 2003-01-21

基金项目: 辽宁省自然科学基金项目(20022082)

作者简介: 任文涛(1958-), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 从事农机化领域研究。沈阳市东陵路 120 号 沈阳农业大学农业工程学院, 110161



善度为 65.75%。此外,对全部 20 hm<sup>2</sup> 水田的激光平地效果进行了检测,结果是,一次激光平地后的地表不平度标准差为 1.4713 cm。

表 2 A<sub>1</sub> 地块激光平地前各个测量点高度坐标数值(与该地块平均值的差值)  
Table 2 Height value of measured point before laser controlled land leveling in A<sub>1</sub> area  
(the difference with the average height value)

												cm
7.9	4.7	4.7	7.7	7.1	8.1	8.4	5.6	6.2	4.2	6.1	2.1	- 2.2
7.4	4.3	5.9	7.8	7.4	8.9	8.7	5.1	5.1	4.1	6.6	5.2	1.8
7.2	4.2	6.4	7.2	7.7	8.2	7.6	5.4	6.3	2.9	5.9	5.6	3.9
6.4	4.2	5.7	6.2	7.9	8.3	7.5	4.7	5.1	2.9	5.4	5.7	3.2
6.4	5.0	5.7	5.7	8.2	8.1	7.4	5.0	4.9	4.7	6.1	6.1	2.5
- 1.6	- 4.1	- 3.8	- 0.8	- 8.5	- 7.1	- 7.3	- 9.3	- 10.3	- 11.1	- 15.7	- 13.0	- 16.3
3.4	- 0.6	- 2.4	- 2.3	- 4.0	- 3.5	- 3.8	- 5.3	- 5.8	- 11.6	- 7.8	- 11.8	- 11.1
3.5	- 1.1	- 2.1	- 2.4	- 4.8	- 5.0	- 4.2	- 5.8	- 5.1	- 7.1	- 9.8	- 8.6	- 11.9
2.7	- 1.2	- 1.9	- 2.2	- 4.6	- 5.1	- 5.3	- 6.7	- 6.4	- 7.6	- 12.1	- 10.3	- 11.9
2.7	- 0.9	- 1.9	- 2.5	- 5.3	- 4.3	- 4.8	- 4.4	- 7.5	- 7.2	- 7.1	- 8.3	- 7.3

表 3 A<sub>1</sub> 地块激光平地后各个相应测量点高度坐标数值(与该地块平均值的差值)  
Table 2 Height value of measured point after laser controlled land leveling in A<sub>1</sub> area  
(the difference with the average height value)

												cm
- 1.9	- 1.7	- 1.2	0.8	2.4	0.6	0.3	1.5	2.3	0.3	2.9	1.7	0
- 2.6	- 2.2	- 1.4	- 0.3	- 0.4	1.7	1.2	2.6	0.6	- 0.7	- 0.8	- 0.3	0.6
- 2.7	0.1	- 1.3	- 0.9	1.2	0.5	2.9	0.7	0.6	- 0.2	- 0.2	- 1.3	- 1.1
- 3.8	- 1.7	- 2.2	- 1.5	- 0.9	- 0.9	3.8	2.7	1.9	1.8	- 0.5	- 1.1	- 0.3
0.1	- 2.8	- 2.1	- 1.6	- 2.7	1.2	1.2	- 1.2	0.3	0.5	- 0.2	0.2	0.2
0.5	- 0.1	- 0.3	2.0	1.8	1.9	0.3	0.9	0.9	2.2	1.1	2.2	0.2
- 1.8	0.2	- 1.2	0.3	0.2	2.1	- 0.2	1.7	0.3	0.8	0.8	- 0.9	- 1.2
- 0.3	- 1.6	- 1.2	- 0.5	- 0.4	2.2	- 0.2	0.5	- 0.2	- 0.6	- 0.6	- 0.9	- 2.1
- 0.3	- 1.6	- 0.9	0.6	- 1.7	1.3	- 0.3	0.3	- 1.4	- 1.6	1.2	0.0	- 2.7
- 1.8	- 0.8	- 0.7	1.0	- 0.2	0.4	0.8	1.8	- 1.2	- 1.3	1.2	0.2	0.6

表 4 激光平地效果统计

Table 4 Working results of laser-controlled land leveling machine system

地块代号	地块面积/hm <sup>2</sup>	平地前 S <sub>d1</sub> /cm	平地后 S <sub>d2</sub> /cm	绝对改善度 E = S <sub>d1</sub> - S <sub>d2</sub> /cm	相对改善度 P = E/S <sub>d1</sub> /%
A <sub>1</sub>	2	6.65	1.4	5.25	79
B <sub>1</sub>	1.8	4.2	2.0	2.2	52.4
C <sub>1</sub>	1.67	2.95	1.1	1.85	62.7
D <sub>1</sub>	1.73	6.1	1.9	4.2	68.9
均值	1.79	4.60	1.60	3.375	65.75

统计结果表明,激光平地前,田间各点的高度坐标与基准平面的差值小于 1 cm、2 cm 和 3 cm 的测点数占总测点数的百分比平均是 10.5%、24.6% 和 38.45%。经过激光平地机平整后,田间各点高度坐标与基准平面的差值小于 1 cm、2 cm、3 cm 的测点数占总测点数的百分比平均为 46.1%、80.3% 和 97.2%。可见,激光平地效果明显。

为了进一步探索激光平地的作业效果,在 5312 m<sup>2</sup> 的地块上进行了两次激光平地作业,测试结果如下:平地前地表不平度的标准差为 4.100 cm,第 1 次平地以后地表不平度的标准差为 1.994 cm,第 2 次激光平地以后地表不平度的标准差为 0.8413 cm。可见每进行一次激光平地地表不平度的标准差下降约 50%。但研究

结果表明,每进行一次激光平地(水田),需要人工费和燃料费合计约 30 元。故不能过高地追求地表平整度,否则将影响经济效益。

#### 4 节水与节地效果的测试与分析

##### 4.1 泡田期间用水量的测试方法

田块灌水量的计算公式为

$$Q = F \times v \times t$$

式中 F——进水口的有效横截面积, m<sup>2</sup>; v——水流的速度, m/s; t——以该水流速度放水的时间, s。

选取了激光平地后总面积为 21384.99 m<sup>2</sup> 的 6 块水田,进行了测试。有些地块有几个进水口,水口形状不一样,泡田放水时间不同,其中干渠中的水位发生 3 次

大的变化,因此,分别对各个进水口进行了3次重复测量,每次测量方法如下:

1) 测量有效横截面积:用卷尺测量水口的有效高度和水口宽度(对圆形水口测其有效高度)。

2) 水流速度的测量:先用卷尺测量该水口的有效长度,然后在入口处放入乒乓球,同时按下秒表,观察出口处,在乒乓球从出水口出来时,再次按下秒表,记下乒乓球从入水口漂到出水口所用的时间。每次测试重复30次。

为了便于对比,选了面积为6481.2m<sup>2</sup>未进行激光平地的水田作为泡田用水量的对照。在该田灌水过程中,干渠中的水位没有很大变化,故流量测试只进行了一次,方法同前。以上两种工况的泡田灌水量,以地块不漏泥为标准,由有经验的农业技术员控制。但激光平地的地块以后要进行乳芽直播,故泡田时间为12h,未用激光平地(旋耕整地)的地块以后要进行常规插秧,故泡田时间24h。为了防止漂芽,乳芽在抛到田里后,田块里的水应尽快渗下去,使乳芽尽早与泥土结合而生长发育,故比常规插秧泡田时间少12h。

#### 4.2 泡田节水效果分析

在对激光平地的地块进行流量测试过程中,对乒乓球漂过水口有效长度所用的时间测试数据,进行了变异系数分析。结果是:在水口A<sub>1</sub>处,乒乓球漂过水口有效长度所用时间的平均值为1.24s,标准差为0.104s,变异系数为0.083871;在水口A<sub>2</sub>处,时间的平均值为1.4s,标准差为0.117s,变异系数为0.083571;A<sub>3</sub>处所用时间的平均值为1.09s,标准差为0.084s,变异系数为0.077064。可见用此检测结果计算水流量是可靠的。

测试结果表明:在激光平地乳芽直播的21385hm<sup>2</sup>水田里,泡田用水量为2655.22m<sup>3</sup>,单位面积用水量是1241.628m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。采用同样的方法,在04766hm<sup>2</sup>未进行激光平地常规插秧的水田里,泡田用水量为1531.82m<sup>3</sup>,单位面积泡田用水量为2363.482m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。可见,经过激光平地乳芽直播的地块与未利用激光平地常规插秧的地块相比,在泡田过程中,单位面积可节省水资源1121.854m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,节水47.466%。进一步分析可知,这样的节水效果不仅是由于激光平地而引起的,另外一个重要的节水原因是乳芽直播。从表2和表3可知,激光平地前各测点高度与其均值的最大差值为+8.9cm和-15.7cm,激光平地后缩小为+3.8cm和-3.8cm。以水漫过最高点为泡田原则,则在渗漏相同的情况下,采用激光平地的地块比未用激光平地的地块灌水高度小8.9cm-3.8cm=5.1cm,激光平地可节约泡田用水10000m<sup>2</sup>×0.051m=510m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,节水百分比为(510/2363.482)×100%=21.578%。乳芽直播可节约泡田用水611.854m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,节水率为(611.854/2363.482)×100%=25.888%。

#### 4.3 节地效果分析

激光平地使水田地表更加平整了,故而可以将田块做得大一些,较少田埂用地,提高土地利用系数。为了分析激光平地节约土地方面的作用效果,对应用激光平

地乳芽直播的1717661m<sup>2</sup>水田和未利用激光平地常规插秧的48941.7m<sup>2</sup>水田及其各自的田埂进行了测试。结果如表5所示。可见,采用激光平地技术,可以提高土地利用系数0.92%。

表5 激光平地节地效果

Table 5 The land saving effect of laser-controlled land leveling

	激光平地乳芽直播	常规平地插秧
试验地总面积/m <sup>2</sup> ·hm <sup>-2</sup>	171 766 1	48 941 7
平均每块地面积/m <sup>2</sup> ·hm <sup>-2</sup>	3 589 286	1 274 697
田埂总面积/m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup>	2 048 325	1 035 908
土地利用系数/%	98.80	97.88

#### 4.4 经济效果分析

应用激光平地机组进行土地的平整工作,各项消耗的费用总和为

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 543.3 + 75 + 312.15 + 162.9 = 1093.35 \text{ 元/hm}^2$$

式中 M<sub>1</sub>——折旧费用543.3元/hm<sup>2</sup>(激光平地设备和拖拉机的购置费用为20.5万元,按10年折旧,年利率为10%;一年农田作业两个季节100d,实测作业效率0.61hm<sup>2</sup>/d,平整土地面积61.4hm<sup>2</sup>);M<sub>2</sub>——机械维修费75元/hm<sup>2</sup>;M<sub>3</sub>——燃料消耗费用312.15元/hm<sup>2</sup>(耗柴油118.5L,当时市场价格为2.6元/L,机油消耗花费为4.05元/hm<sup>2</sup>);M<sub>4</sub>——人工费用162.9元/hm<sup>2</sup>(每人每天50元);若向农民收取平地费用1125元/hm<sup>2</sup>,则该机组平地58hm<sup>2</sup>时达到盈亏平衡点,如每年平整土地面积61.4hm<sup>2</sup>可盈利1943.31元。若向农民收取平地费用750元/hm<sup>2</sup>,可以将此项技术在农村广泛的推广和应用。而对于激光平地机组来说,收取750元/hm<sup>2</sup>的平地费用,一年将损失21081.69元,如果在非农闲季节,应用激光平地机组的高精度的平整效果来平整广场、高速公路、飞机场等要求质量较高的路面,这对于节约我国紧张的水资源和合理利用农业机械具有较好的意义。

乳芽直播与常规移栽种植方式相比,在培育初期就充分显示出其经济效益(表6)。可以看出,而且节省了成本投入费用855元/hm<sup>2</sup>。试验表明采用乳芽直播水稻产量可以达到7500kg/hm<sup>2</sup>,与常规插秧和抛秧的产量相当;同时也减少了常规育苗采用塑料薄膜对环境的污染;采用弥雾喷粉机改装的乳芽直播机抛播乳芽,效率可以达到3hm<sup>2</sup>/d,与人工抛秧相比工效提高9倍。

表6 常规栽培与水稻乳芽直播的费用比较

Table 6 Comparisons of the cost between baby rice seedlings direct sowing and ordinary rice sowing

项目	常规栽培		乳芽直播		节约开支 /元·hm <sup>-2</sup>
	内容	成本 /元·hm <sup>-2</sup>	内容	成本 /元·hm <sup>-2</sup>	
稻种	120 kg/hm <sup>2</sup>	120	90 kg/hm <sup>2</sup>	90	30
育苗	塑料薄膜; 占秧田费	600	一般蔬菜 温室育苗	150	450
种植	人工插秧	450	机械抛播	75	375

## 5 结 论

1) 激光平地是利用激光发射器产生的激光平面作为控制基准,通过安装在平地铲上的激光接收器将平地铲的实际高度坐标与基准进行比较,并把比较所得的偏差转换成电信号送给电液伺服机构,电液伺服机构再将这个偏差的电信号转变成液压方向阀、活塞、地轮和平地铲的相应运动,进而不断消除偏差,保证地表平整的过程。

2) 激光平地效果明显。激光平地前田间各点的高度坐标与基准平面的差值小于3 cm的测点数占总测点数的百分比平均是38.45%。经过激光平地机平整后,该指标提高到97.2%。经过一次激光平地作业后,地表不平度标准偏差值达到了1.1~2.0 cm,相对改善度为52.4%~79%。

3) 激光平地成本较高,扩大机器的利用范围,提高利用率才能提高经济效益。每进行一次激光平地,地表不平度的标准差下降约50%,但考虑到激光平地作业过程中的燃料、人工等方面的消耗,不宜过高地追求地表平整度,否则将影响经济效益。经过激光平地后的地块与常规平地的地块相比,可节约泡田用水并可以提高土地利用率。

### [参 考 文 献]

[1] 李益农,许迪,李福祥,等.农田土地激光平地技术应用初步评价[J].农业工程学报,1999,15(2):79~84  
 [2] 李福祥,许迪,李益农.农田土地平整方法的组合应用及效果[J].农业工程学报,2000,14(2):50~53  
 [3] 水利部农村水利司中国灌溉排水技术开发培训中心.水稻节水灌溉技术[M].北京:中国水利水电出版社,1998  
 [4] 狄美良.激光机械在土地平整中的应用与探讨[J].排灌机械,1995,(3):31~33

[5] 康绍忠,李永杰.21世纪我国节水农业发展趋势及其对策[J].农业工程学报,1997,13(4):1~7  
 [6] 田学艳,江英兰,赵庆展,等.农用激光平地机的应用现状及其发展前景[J].农业机械学报,2001,5,126~127  
 [7] 宋建农,庄乃生,王立臣,等.21世纪我国种植机械化发展方向[J].中国农业大学学报,2000,5(2):30~33  
 [8] Hinz W W, Haldeman A D. Laser beam land leveling cost and benefits Bull[J]. No. A114 Coop. Ext. Ser., 1978, Tucson, Arizona  
 [9] Dedrick A R, Erie L J, Clemmens A J. Lever basin irrigation[J]. In Advances in Irrigation Vol 2, Hillel, D. Ed., Academic Press, 1982, New York  
 [10] De Sousa, P L, Dedrick A R, Clemmens A J, et al. Benefits and costs of laser controlled leveling a case study [J]. Transactions of the 15th Congress on Irrigation and Drainage, 1993, Vol 1 C: 1237~1247.  
 [11] Walker W R. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems [J]. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 45, 1992, Rome  
 [12] Kakkuri J. On the effort to develop a rapid precise leveling system [A]. In: Modern Techniques in Geodesy and Surveying (Ed. O. - B. Andersen) [C]. National Survey and Cadastre-Denmark Publications 4 Series, Vol 1.  
 [13] Hideto UENO. Development of rice cultivation method with recycled paper mulching and its further study [J]. Agriculture and Horticulture, 1997, 72(10): 65~71.  
 [14] Otsuki K. Effect of paper mulching to modify the soil water content and microclimate [J]. Proc of Agricultural Meteorology, 1999, 82~83  
 [15] Kamichika M. On the relationships between red bean growth and Microclimate modified by recycled paper mulching [J]. Proc of Agricultural Meteorology, 1999, 80~81.

## Effect of laser-controlled land leveling and baby rice seedling direct planting on saving water

Ren Wentao<sup>1</sup>, Hu Zhongfei<sup>2</sup>, Cui Hongguang<sup>1</sup>, Yang Chengtong<sup>2</sup>,

Liu Yong<sup>1</sup>, Wang Yujia<sup>2</sup>, Zhang Zhanyong<sup>1</sup>, Li Baofa<sup>1</sup>

(1. Agricultural Engineering College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China; 2. Shenyang Agricultural Mechanic Bureau, Shenyang China)

**Abstract** In China, the water resource is seriously inadequate, and the ecological environment becomes worse and worse. Agricultural product export is difficult because of poor quality and agricultural chemical residue. Agriculture consumes the largest part of water resources that was about 72 percent of all over the country. In one growing period, rice needs about  $7\ 500\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  to  $9\ 000\ \text{m}^3/\text{hm}^2$  of water more than other crops. It is one of the main factors that causes environmental pollution and ecological deterioration. So, it has the important significance for economy and society to study saving water, protecting environment and raising benefit in rice production. Through testing in the field of  $20\ \text{hm}^2$  at village of Liaoyang City, the effects of the technology of laser-controlled land leveling on saving water and land in the process of paddy field irrigation were studied by using automatic control theory. The results showed that by using the technology 47.46% water and 0.92% land were saved. To test the runoff of the infall, when the field was irrigated, the stopwatch and table tennis ball were used to measure the rate of water flow. It is proved that this method has the advantage of low experimental expenses, simple operation, precision and credible results.

**Key words:** laser-controlled land leveling; rice seedling planting; water saving